

# La secuencia magmática Jurásico Superior-Cretácico Superior en la Cordillera Central, República Dominicana: sección cortical de un arco-isla intraoceánico

Jl. Escuder Viruete<sup>1</sup>, F. Contreras<sup>2</sup>, G. Stein<sup>3</sup>, P. Urien<sup>3</sup>, M. Joubert<sup>3</sup>, E. Bernárdez<sup>2</sup>, P.P. Hernáiz Huerta<sup>2</sup>, J. Lewis<sup>4</sup>, E. Lopera<sup>5</sup> y A. Pérez-Estaún<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Dpto. Petrología y Geoquímica, Universidad Complutense de Madrid. 28040 Madrid. España. escuder@geo.ucm.es

<sup>2</sup> INYPSA, C. Velásquez -69, 1º, 28001 Madrid, España.

<sup>3</sup> BRGM, Av. C. Guillemin, 45060 Orléans. Francia.

<sup>4</sup> Department of Geology, George Washington University, 20052 Washington DC, EEUU.

<sup>5</sup> IGME, c/Ríos Rosas, 23, 28003 Madrid. España.

<sup>6</sup> I.C.T. Jaume Almera-CSIC, Lluís Solé i Sabarís s/n, 08028 Barcelona, España.

## ABSTRACT

*The Late Jurassic-Late Cretaceous magmatic sequence exposed in the central-western sector of the Cordillera Central, Dominican Republic, can be divided in five main lithostratigraphic units formed by plutonic, volcanic, volcanoclastic and sedimentary rocks. All rocks have suffered very heterogeneous ductile deformation and low-grade metamorphism with magmatic textures often preserved. From bottom to top, this magmatic sequence is made up of: (1) Loma Caribe serpentized peridotites, (2) the N-MORB volcano-plutonic assemblage of El Aguacate, of ophiolitic affinity, (3) the Duarte Complex oceanic plateau, (4) the arc-related volcanic and volcano-sedimentary sequence of the Tíreo Formation, intruded by the Loma de Cabrera Batolith, and (5) the massive basaltic flows of Peña Blanca y Nalga de Maco. It is suggested that the magmatic sequence represents the crustal section of an intra-oceanic island arc, which was built onto a proto-caribbean oceanic crust and an overlying Lower Cretaceous oceanic plateau. The sequence is overlain by Upper Cretaceous basalts of the Caribbean oceanic plateau and limestones.*

**Key words:** island arc; oceanic plateau; oceanic crust; Caribbean Plate; geochemistry

## INTRODUCCIÓN

La geología de la República Dominicana resulta en gran medida de la sucesiva acreción de unidades tectónicas de afinidad oceánica a lo largo del Mesozoico y su colisión final con el margen S de Norte América en el Eoceno Medio-Superior (Lewis y Draper, 1990; Draper y Lewis, 1991; Mann *et al.*, 1991). Estas unidades están compuestas por rocas ígneas y sedimentarias variadas, que aparecen variadamente deformadas y metamorfozadas como consecuencia de los procesos de acreción y colisión. La procedencia de dichas unidades y, en especial, la naturaleza de las series magmáticas que contienen ha permitido plantear modelos geodinámicos sobre la historia acrecional del borde N de la placa Caribeña. Sin embargo, existen aún muchas incertidumbres sobre los estadios evolutivos más tempranos, que comprenden tanto el desarrollo de un arco isla durante el Cretácico Inferior (Primitivo Arco Isla Caribeño), como de la formación previa del sustrato oceánico proto-Caribeño sobre el que se edificó dicho arco. Información sobre estos primeros estadios puede obtenerse a partir de las secuencias magmáticas presentes en la Cordillera

Central Dominicana, cuyas características petrológicas y geoquímicas pueden determinar su contexto geodinámico de generación y permitir reconstruir el complicado *puzzle* de tectónica de placas que controló la evolución de la placa Caribeña durante el Mesozoico. En el presente trabajo se presentan algunos de los resultados de un estudio litoestratigráfico, petrológico y geoquímico de la secuencia magmática de edad Jurásico Superior-Cretácico Superior aflorante en el sector central y occidental de la Cordillera Central, localizado al S de la denominada Zona de Falla de La Española, que permiten proponer la existencia de una secuencia cortical de un arco-isla intraoceánico.

## MARCO GEOLÓGICO Y SECUENCIA MAGMÁTICA

En el sector central y occidental de la Cordillera Central Dominicana se puede distinguir una potente secuencia litológica constituida por rocas plutónicas, volcánicas, volcanoclasticas y sedimentarias. Gran parte de las rocas han experimentado un metamorfismo hidrotermal en la facies de los esquistos/subesquistos verdes y una deformación esquis-



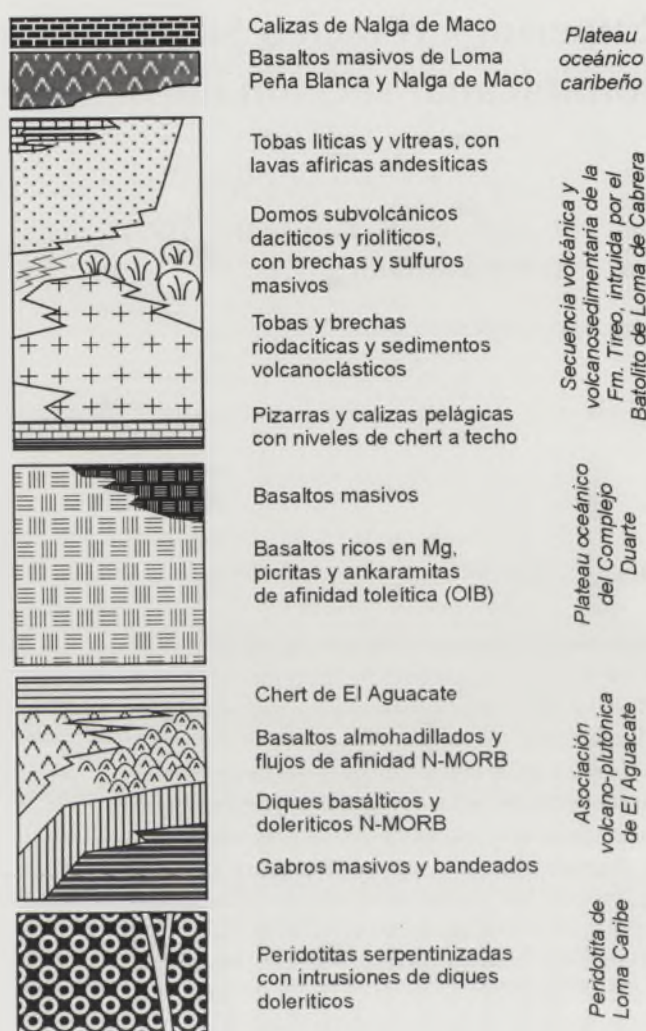


FIGURA 1. Sucesión litoestratigráfica propuesta para la secuencia magmática Jurásico Superior-Cretácico Superior en el sector centro-occidental de la Cordillera Central Dominicana, al S de la Zona de falla de La Española.

tosa bastante heterogénea. Sin embargo, las texturas ígneas están a menudo preservadas. De base a techo, la secuencia magmática está formada por cinco unidades litoestratigráficas (Fig. 1): la Peridotita de Loma Caribe; (2) la asociación volcano-plutónica de El Aguacate; (3) el Complejo Duarte; (4) la secuencia volcánica y volcanoclástica de la Fm Tireo, intruida por el Batolito de Loma de Cabrera y (5) los basaltos masivos de Loma Peña Blanca y Nalga de Maco.

La Peridotita de Loma Caribe consiste litológicamente en harzburgitas, lherzolitas y dunitas, variablemente serpentinizadas, en las que intruyen pequeños cuerpos de gabros y diques doleríticos. La asociación volcano-plutónica de El Aguacate suprayacente está tectónicamente muy fragmentada, pero se reconocen, de base a techo: gabros masivos y bandeados ricos en plagioclasa, una unidad de diques basálticos y doleríticos, un conjunto de basaltos almohadillados y flujos lávicos, y un tramo de *chert* de unos 100 m de potencia. Los gabros muestran texturas de cumulado a sub-

ofíticas. Los diques doleríticos se caracterizan por texturas intersetales o intergranulares, con prismas de plagioclasa, cristales de clinopiroxeno rico en Ca y óxidos de Fe-Ti. Los basaltos almohadillados muestran texturas de enfriamiento, a diferencia de las texturas de intersetales a ofíticas que presentan los flujos y doleritas. Los *chert* aparecen finamente estratificados y han proporcionado una edad Jurásico Superior (Montgomery *et al.*, 1994). Donde no aparece deformado y metamorfozado, el Complejo Duarte se reconoce formado por basaltos ricos en Mg, picritas y ankaramitas, que forman flujos masivos de potencia métrica, interestratificados con lapilli y tobas de cristales. La base de los flujos muestra una acumulación de cristales de olivino y clinopiroxeno. A techo del Complejo Duarte se reconocen localmente tramos de lavas basálticas masivas. A techo se superponen un tramo de pizarras y calizas oscuras pelágicas y un nivel de *chert*, de edad hasta ahora desconocida. La Fm Tireo está formada por una potente secuencia volcánica y volcanoclástica de composición intermedia-ácida, con intercalaciones sedimentarias cuyos restos fósiles han proporcionado edades Cretácico Superior, intruida por el Batolito de Loma de Cabrera. La secuencia se inicia con tobas y brechas riolíticas, con intercalaciones de sedimentos volcanoclásticos, pasando hacia techo a domos subvolcánicos dacíticos y riolíticos, con facies asociadas hialoclásticas *in situ* y resedimentadas y acumulaciones de sulfuros masivos. La secuencia continúa con tobas liticas y vítreas verdes andesíticas, con intercalaciones de lavas afiricas andesíticas. El Batolito de Loma de Cabrera está constituido por un asociación plutónica muy diferenciada, compuesta por cumulos ultramáficos-máficos (wehrlitas y clinopiroxenitas con texturas mesocumulado), que pasan hacia arriba a dioritas con Mg-hornblenda y un conjunto intrusivo de granitoides tonalíticos con Hbl, pobres en K, de texturas ígneas variadas, que han proporcionado edades de intrusión entre 86-84 Ma (U-Pb en zircones, Ar-Ar en hornblenda; datos inéditos). En los niveles más altos de la serie plutónica intruye un complejo de diques basálticos y doleríticos. Los basaltos de Loma Peña Blanca y Nalga de Maco son masivos, generalmente afiricos y emitidos en un medio submarino. Sobre ellos se han depositado discordantes las calizas grises y calcarenitas de Nalga de Maco.

## GEOQUÍMICA Y AFINIDAD MAGMÁTICA DE LA SECUENCIA MAGMÁTICA

Las rocas ígneas que afloran la Cordillera Central Dominicana están variablemente deformadas, metamorfozadas y retrogradadas, además de afectadas por una importante meteorización bajo clima tropical. Por lo tanto, la interpretación geoquímica de estas rocas ha de considerar la potencial movilidad de elementos tales como Sr, Rb, K, Na y Ba. Sin embargo, los elementos Zr, Nb, Th, Hf, Y, Ti, Cr y las REE son relativamente inmóviles y pueden ser utilizados para evaluar las afinidades magmáticas de las rocas de cada



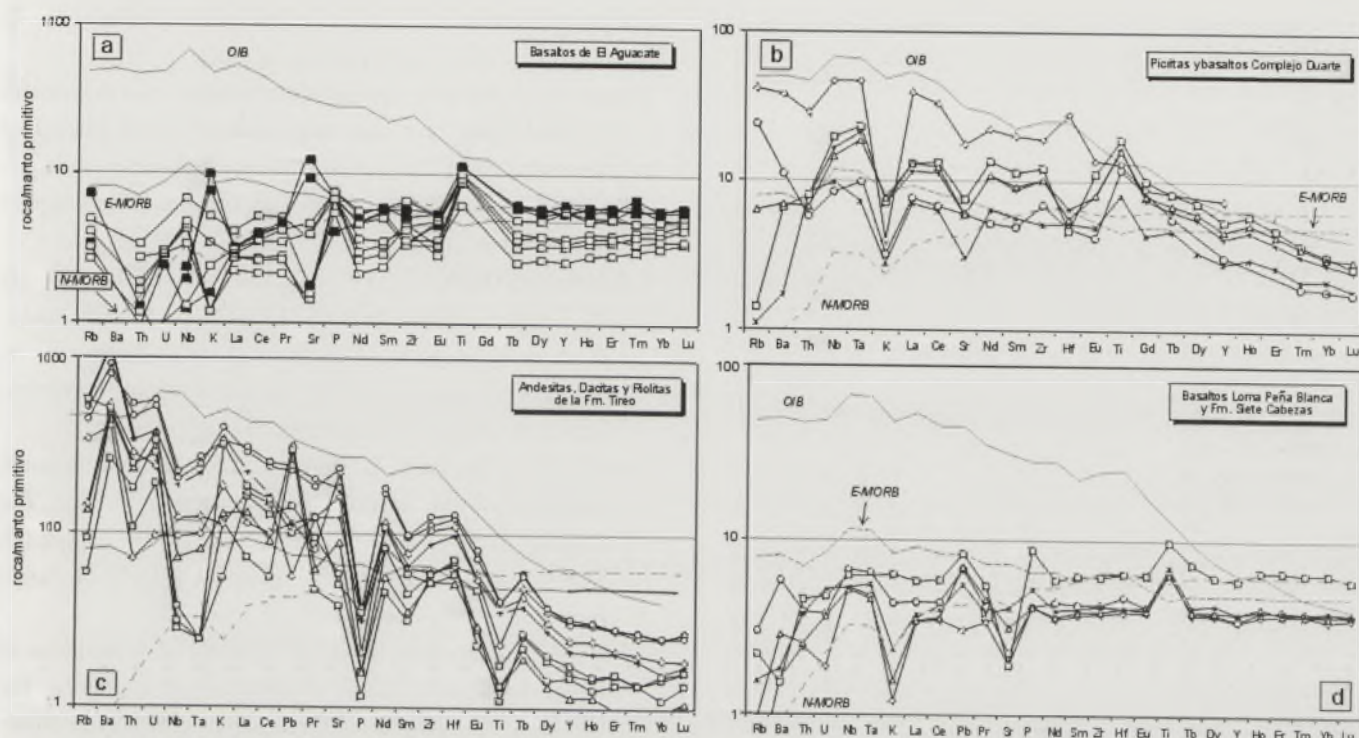


FIGURA 2. Diagramas multielementales de las rocas ígneas estudiadas normalizados respecto al manto primitivo (Sun y McDonough, 1989).

unidad. La concentración de estos elementos fue obtenida mediante técnicas de ICP e ICP-MS en *ACME Laboratoires* (Vancouver, Canadá). Los basaltos de la asociación volcánico-plutónica de El Aguacate son relativamente pobres en Mg ( $\text{MgO}=4,5-5,8\%$ ) para contenidos en  $\text{SiO}_2=48-52\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3=12-15,5\%$  y  $\text{TiO}_2=1-2\%$ . Los contenidos en Ni (30-72 ppm) y Cr (15-60 ppm) son bajos, propios ya de magmas evolucionados. El diagrama multielemental normalizado respecto al manto primordial de la figura 2a, muestra un relativo empobrecimiento en los elementos más incompatibles (excepto el Rb, K y Sr, que han sido probablemente movilizados) similar a los basaltos N-MORB y distinto a los basaltos del Complejo Duarte (Fig. 2b). En un diagrama de REE normalizado a la condrita presentan un ligero empobrecimiento en las LREE. Consideradas en conjunto, estas características geoquímicas sugieren una fuente mantélica empobrecida, posiblemente una zona de dorsal intraoceánica. Su posición estratigráfica y asociación litológica con niveles de *chert* de edad Jurásico Superior (160-149 Ma), sugiere que estas rocas representan el basamento oceánico sobre el que se edificaron estadios de *plateau* y de arco isla mesozoicos (Lapierre *et al.*, 1999). Gran parte de los metabasaltos del Complejo Duarte se pueden clasificar como de intraplaca oceánica (OIB). Se trata de rocas ricas en MgO (5-23% en peso) y pobres en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (4-14%), para contenidos en  $\text{SiO}_2$  entre 42 y 51%. Composicionalmente, gradúan entre términos de basaltos, picobasaltos, picritas y ankaramitas. Los contenidos en Ni y Cr son muy altos (112-913 ppm y 554-2054 ppm, respectivamente), referibles a magmas primarios. Respecto a N-MORB, estas rocas muestran:

(i) un enriquecimiento moderado en los elementos LIL (Rb, Ba, K y Sr); (ii) un mayor contenido en Nb, Ta, La, Ce, Zr, Th y Ti; (iii) un enriquecimiento en las LREE; y (iv) un empobrecimiento en las HREE. En diagramas de REE, los metabasaltos presentan contenidos en REE bajos, de alrededor 10 veces la condrita y un enriquecimiento en las LREE respecto a las HREE ( $1,5 < [\text{La/Yb}]_N < 7,4$ ). La afinidad E-MORB que presentan, sería resultado de una mezcla entre componentes de un manto enriquecido y de un manto empobrecido, relacionada con una pluma que atraviesa durante su ascenso un manto heterogéneo (Lapierre *et al.*, 1999). La edad del Complejo Duarte es probablemente Cretácico Inferior (120-100 Ma), como la de otros *plateaux* circum-pacíficos (Ontong Java y Manihiki). La secuencia volcánica y volcanoclástica de la Fm Tiroo presenta de forma característica contenidos relativamente altos en los elementos LIL (Rb, Ba, U) y un empobrecimiento en los HFSE y REE, con anomalías negativas de Nb-Ta, Th y Ti, más o menos marcadas, típicas de rocas relacionadas con subducción (Fig. 2c). Los contenidos en  $\text{K}_2\text{O}$  son frecuentemente bajos, como los de las rocas plutónicas del Batolito Loma de Cabrera, aunque el K puede haberse movilizado. Los contenidos en  $\text{TiO}_2 < 1\%$  son también típicos de rocas de arco (Fig. 3). Las REE muestran un patrón de pendiente negativa con un marcado enriquecimiento de las LREE. Las rocas de la Fm Tiroo registran la actividad de un arco magmático edificado en el Cretácico Superior, en el que composicionalmente se evoluciona desde basaltos toleíticos pobres en K a andesitas, dacitas y riolitas más evolucionadas calco-alcalinas. Los basaltos masivos de Loma Peña Blanca y Nalga de



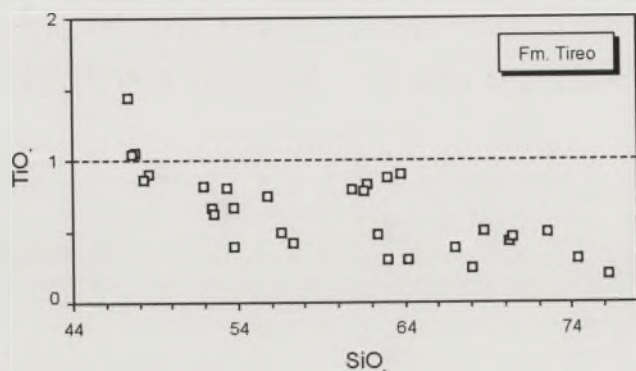


FIGURA 3. Diagrama  $TiO_2$  versus  $SiO_2$  (% en peso) para rocas de la Formación Tíreo.

Maco presentan un restringido rango composicional, en el que  $TiO_2=0,69-3,2$ ,  $MgO=4,5-14,55$  y  $K_2O<0,25$ . De forma característica no presentan un enriquecimiento en LIL, ni anomalías negativas de Nb-Ta o Th (Fig. 2d), y exhiben en un diagrama de REE un patrón plano de unas 10-20 veces la condrita. Geoquímicamente, estas rocas parecen similares a los basaltos de la Fm Siete Cabezas (Campaniense superior) del sector oriental de la Cordillera y a basaltos integrantes de la denominada Provincia Ígnea Cretácica Caribeño-Colombiana, constituida por un *plateau* oceánico de edad, según diferentes puntos del Caribe, entre 91-87 Ma y 78-72 Ma (Sinton *et al.*, 1998). Sobre los basaltos se depositan las calizas de plataforma de Nalga de Maco que han proporcionado en base a su contenido fósil una edad Eoceno medio-superior.

#### AGRADECIMIENTOS

Los resultados de este estudio se enmarcan en el Proyecto de Cartografía Geotemática a escala 1:50000 de la República Dominicana, financiado por el Programa SYSMIN de la UE, actualmente en realización por el IGME-INYPSA-BRGM para la Dirección General de Minería, y en los Proyectos BTE-2002-00326 y BTE 2001-5002-E. Los autores agradecen a Gren Draper (Florida International University) las aportaciones geológicas iniciales.

#### REFERENCIAS

- Draper, G. y Lewis, J. (1991): Metamorphic belts in Central Española. En: *Geologic and Tectonic Development of the North America-Caribbean Plate Boundary in Española* (P. Mann, G. Draper y J.F. Lewis, Eds.). Geological Society of America Special Paper, 262, 29-46.
- Lapierre, H., Dupuis, V., Lepinay, B.M., Bosch, D., Monié, P., Tardy, M. y Maury, R.C. (1999): Late Jurassic oceanic crust and Upper Cretaceous Caribbean Plateau picritic basalts exposed in the Duarte igneous complex, Española. *Journal of Geology*, 107: 193-207.
- Lewis, J.F. y Draper, G. (1990): Geological and tectonic evolution of the northern Caribbean margin. En: *The Geology of North America, H, The Caribbean region* (G. Dengo y J.E. Case, Eds.). Geological Society of America, Colorado, 77, 140 p.
- Mann, P., Draper, G. y Lewis, J.F. (1991): An overview of the geologic and tectonic development of Española. En: *Geologic and Tectonic Development of the North America-Caribbean Plate Boundary in Española* (P. Mann, G. Draper y J.F. Lewis, Eds.). Geological Society of America Special Paper, 262, 1-28.
- Montgomery, H., Pessagno, E.A., Lewis, J.F. y Schellekens, J. (1994): Paleogeography of Jurassic fragments in the Caribbean. *Tectonics*, 13: 725-732.
- Sinton, C.W., Suncan, R.A., Storey, M., Lewis, J. y Estrada, J.J. (1998): An oceanic flood basalt province within the Caribbean plate. *Earth and Planetary Science Letters*, 155: 221-235.
- Sun, S.S. y McDonough, W.F. (1989): Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. En: *Magmatism in the Ocean Basins* (A.D. Saunders y M.J. Norry, Eds.). Geological Society of London Special Publication, 42, 313-345.